DIOPTRE PLAN – LAME A FACES PARALLELES.

1. Définitions.

1.1. Dioptre – plan.

On appelle **dioptre – plan**, l'ensemble de deux milieux transparents, homogènes et isotropes d'indices de réfraction différents, séparés par une surface plane.

Exemples : Une nappe d'eau immobile au contact de l'air (dioptre air – eau), un bloc de verre placé dans l'air (dioptre air – verre) ou dans un liquide (dioptre liquide – verre), …

1.2. Lame à faces parallèles.

On appelle **lame à faces parallèles**, une association de deux dioptres plans.

Exemple : Un parallélépipède rectangle en verre ou en plexiglas.

N.B : Si les deux faces parallèles se coupent, le dioptre est appelé un **prisme**.

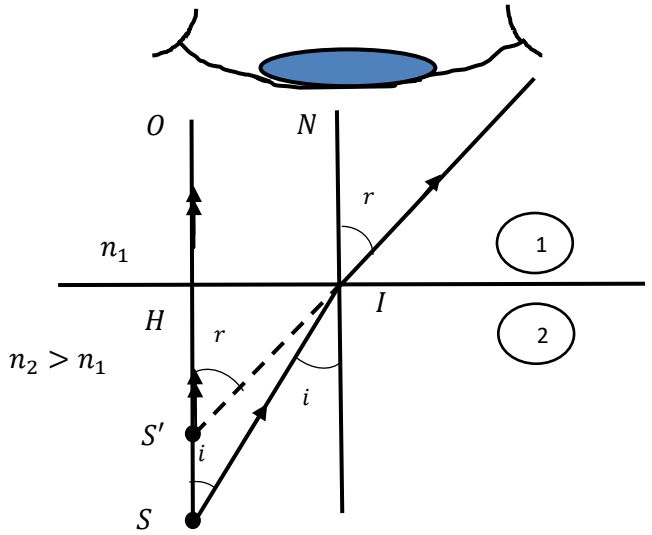
2. Image donnée par un dioptre – plan.

2.1. Objet est situé dans le milieu le plus réfringent.

Considérons deux milieux (1) et (2) d'indices de réfraction respectifs n_1 et n_2 tels que $n_2 > n_1$ donc le milieu (2) plus réfringent que le milieu (1).

Soit un observateur situé dans le milieu (1) et regarde dans le milieu (2).

- **Calcul de la distance HS' à laquelle l'observateur voit l'objet S donc, l'image S' de l'objet S.**



Considérons les deux triangles S'HIet SHI rectangles en H. On a : $\tan r = \frac{HI}{HS'} \Longrightarrow HI = HS' \tan r$ (1) et $\tan i = \frac{HI}{HS} \Longrightarrow$

$HI = HS \tan i$(2)

$(1)=(2) \Longrightarrow HI = HI \Longrightarrow HS' \tan r = HS \tan i \Longrightarrow \boxed{\frac{\tan i}{\tan r} = \frac{HS'}{HS}}$ (3)

Pour une faible incidence (loi de Kepler), on a : $\tan i \approx i$; $\tan r \approx r$. Alors (3) $\Longrightarrow \boxed{\frac{i}{r} = \frac{HS'}{HS}}$ (4).

La seconde loi de Descartes – Snell en I donne :

$n_2 \sin i = n_1 \sin r \Longrightarrow \boxed{\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_1}{n_2}}$ (5).

Pour une incidence faible, $\sin i \approx i, \sin r \approx r$.(5) $\Longrightarrow \mathbf{\frac{i}{r} = \frac{n_1}{n_2}}$ (6).

On a : (6) = (5) $\Longrightarrow \frac{i}{r} = \frac{i}{r} \Longrightarrow \mathbf{\frac{HS'}{HS} = \frac{n_1}{n_2}}$ or $n_2 > n_1 \Longrightarrow$

$\frac{n_1}{n_2} < 1$ alors $\mathbf{HS' < HS}$.

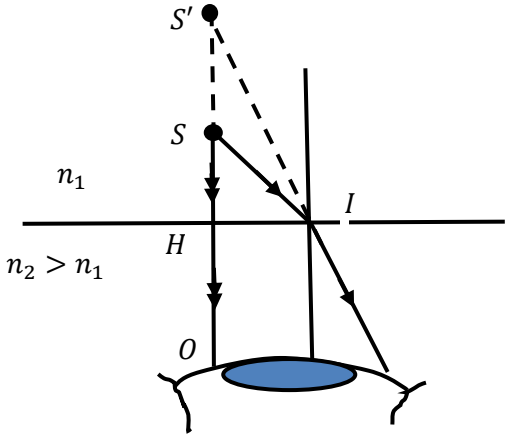
Conclusion:

L'observateur voit l'image de l'objet S en S′. Il a l'impression que l'objet est plus proche de la surface alors qu'il ne l'est pas.

N.B : L'image S′ de S est située dans le même milieu que l'objet S ; d'où c'est une **image virtuelle**.

Un dioptre plan donne d'un objet réel une image virtuelle.

2.2. Objet est situé dans le milieu le moins réfringent.



Considérons les deux triangles S′HIet SHI rectangles en H. On a :

$\tan r = \frac{HI}{HS'} \Longrightarrow HI = HS' \tan r$ (1) et $\tan i = \frac{HI}{HS} \Longrightarrow$

$HI = HS \tan i$ (2).

(1)=(2) $\Longrightarrow HI = HI \Longrightarrow HS' \tan r = HS \tan i \Longrightarrow \mathbf{\frac{\tan i}{\tan r} = \frac{HS'}{HS}}$ (3)

Pour une faible incidence (loi de Kepler), on a : $\tan i \approx i$; $\tan r \approx r$. Alors (3) $\Longrightarrow \mathbf{\frac{i}{r} = \frac{HS'}{HS}}$ (4).

La seconde loi de Descartes – Snell en I donne :

$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Longrightarrow \mathbf{\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}}$ (5).

Pour une incidence faible, $\sin i \approx i, \sin r \approx r$.(5) $\Longrightarrow \mathbf{\frac{i}{r} = \frac{n_2}{n_1}}$ (6).

On a : (6) = (5) $\Longrightarrow \frac{i}{r} = \frac{i}{r} \Longrightarrow \mathbf{\frac{HS'}{HS} = \frac{n_2}{n_1}}$ or $n_2 > n_1 \Longrightarrow \frac{n_2}{n_1} > 1$ alors $\mathbf{HS' > HS.}$

Conclusion:

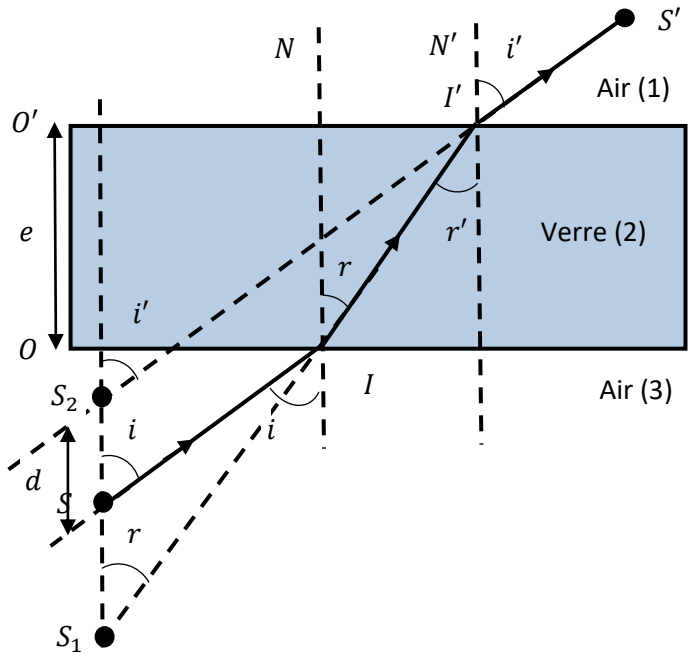
L'observateur voit l'image de l'objet S en S′. Il a l'impression que l'objet est plus éloigné de la surface alors qu'il ne l'est pas. C'est une **image virtuelle.**

3. Image donnée par une lame à faces parallèles.

3.1. Image d'un point objet.

Considérons une lame à faces parallèles, d'épaisseur e dont les deux faces sont en contact avec un même milieu.

Exemple : Une lame de verre dans l'air.



Soit S, un point objet réel. S émet un rayon SI.

Dans le verre, le rayon II′ semble provenir de S_1 image virtuelle de S donnée par le dioptre air – verre. Au point I′, le rayon II′ fait jouer à S_1le rôle d'un objet réel pour le dioptre verre – air qui donne une image virtuelle S_2.

N.B : S_2 est l'image de S donnée par la lame à faces parallèles.

1.2. Calcul de la distance image – objet (déplacement latéral).

Pour le 1er dioptre air – verre.

Au point I, on a : $sin\, i = n\, sin\, r$ (1). Pour une faible incidence,

$sin\, i \approx i \; et \; sin\, r \approx r$. (1) $\Rightarrow i = nr \Rightarrow \frac{i}{r} = n$ (2)

Considérons les triangles (SOI) et (S_1OI) rectangles en O.

On a : $tan\, i = \frac{OI}{OS} \approx i$ et $tan\, r = \frac{OI}{OS_1} \approx r$

$\Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{\frac{OI}{OS}}{\frac{OI}{OS_1}} = \frac{OI}{OS} \times \frac{OS_1}{OI} = \frac{OS_1}{OS} \Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{OS_1}{OS}$(3).

On a : (2) = (3) $\Rightarrow \boldsymbol{n = \frac{OS_1}{OS} \Rightarrow OS_1 = n.OS}$ (4).

Pour le 2ème dioptre verre – air.

La 2ème loi de la réfraction au point I' donne :

$n\, sin\, r' = sin\, i' \Rightarrow nr' = i'$ (loi de Kepler) $\Rightarrow \frac{i'}{r'} = n$ (5).

Considérons les triangles $S_2O'I$ et $S_1O'I$ rectangles en O'.

On a :$tan\, i' \approx i' = \frac{o'I}{o'S_2}$; $tan\, r' \approx r' = \frac{o'I}{o'S_1} \Rightarrow$

$\frac{i'}{r'} = \frac{\frac{o'I}{o'S_2}}{\frac{o'I}{o'S_1}} = \frac{o'I}{o'S_2} \times \frac{o'S_1}{o'I} = \frac{o'S_1}{o'S_2} \Rightarrow \frac{i'}{r'} = \frac{o'S_1}{o'S_2}$ (6).

On a: (5) = (6) $\Rightarrow \frac{o'S_1}{o'S_2} = n$ (7).

Or $O'S_1 = O'O + OS_1$ avec : $O'O = e$ (épaisseur de la lame) alors : $O'S_1 = e + OS_1$ (8).

(8) dans (7) : $\frac{e+OS_1}{O'S_2} = n \Longrightarrow O'S_2 = \frac{e+OS_1}{n}$ (9)

Le déplacement $SS_2 = O'S - O'S_2$ (10)

avec $O'S = e + OS$. (10) $\Longrightarrow SS_2 = e + OS - O'S_2$ (11).

(9) dans (11), on a : $SS_2 = e + OS - \frac{e+OS_1}{n}$. (12)

(4) dans (12), on a : $SS_2 = e + OS - \frac{e+n.OS}{n} \Longrightarrow$

$$SS_2 = e + OS - \frac{e}{n} - \frac{n.OS}{n} \Longrightarrow$$

$$SS_2 = e - \frac{e}{n} = e\left(1 - \frac{1}{n}\right) \Longrightarrow$$

$$\boldsymbol{SS_2 = d = e\left(1 - \frac{1}{n}\right) = e\left(\frac{n-1}{n}\right).}$$

Conclusion :

Le déplacement de l'objet à travers la lame à faces parallèles est **indépendant de la position** de l'objet. Il ne dépend que de l'**épaisseur** de la lame et de son **indice n** de réfraction.

Exercices d'application.

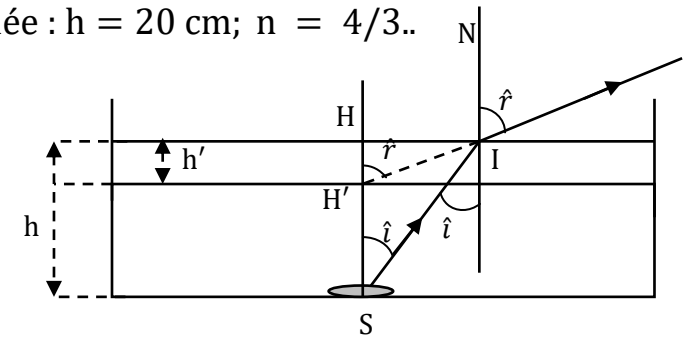
Exercice n°1 :

Une cuve contient de l'eau sur une hauteur de 20 cm. Calcule le relèvement apparent du fond de la cuve.

On donne : indice de l'eau : n = 4/3.

Solution.

Donnée : h = 20 cm; n = 4/3..



Calcul du relèvement apparent du fond de la cuve.

* Considérons les triangles $(\widehat{SHI})$ et $(\widehat{H'HI})$ tous deux rectangles en H. On a :

$\tan \hat{\imath} = \frac{HI}{HS} \approx \hat{\imath}$; $\tan \hat{r} = \frac{HI}{HH'} \approx \hat{r} \Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{\frac{HI}{HS}}{\frac{HI}{HH'}} = \frac{HH'}{HS} \Longrightarrow$

$\frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{HH'}{HS}$ (1)

* Appliquons la 2nd loi de réfraction au point I.

$n \sin \hat{\imath} = \sin \hat{r} \Leftrightarrow n\hat{\imath} = \hat{r}$ pour des angles faibles. $\Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{1}{n}$ (2)

(1)=(2) $\Longrightarrow \frac{HH'}{HS} = \frac{1}{n} \Longrightarrow \boldsymbol{HH' = \frac{HS}{n}}$. A.N : $HH' = \frac{20\text{ cm}}{\frac{4}{3}} = 15$ cm

$\boldsymbol{HH' = h' = 15\text{ cm}}$.

Conclusion :

L'observateur dont les yeux sont placés au point H croit voir le fond de la cuve au point H' donc à 15 cm de la surface de l'eau. Le relèvement apparent est :

$HS = HH' + H'S \Longrightarrow \mathbf{H'S = HS - HH'}$.

A.N : $H'S = 20\ cm - 15\ cm = 5\ cm \Longrightarrow \mathbf{H'S = 5\ cm}$.

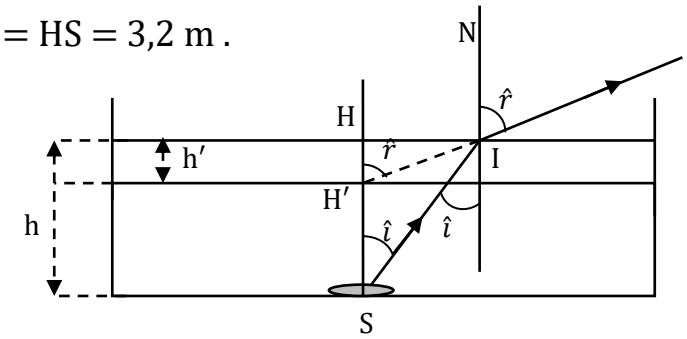
Exercice n°2 :

Calcule la profondeur apparente d'une piscine de profondeur 3,2 m remplie d'eau (n = 1,33):

a. Pour un observateur regardant sous une incidence de 30°.
b. Pour un observateur regardant sous une incidence normale.

Solution.

Donnée : $h = HS = 3{,}2\ m$.



Calcul de la profondeur apparente de la piscine.

a. Pour un observateur regardant sous une incidence de 30°.

* Considérons les triangles $(\widehat{SHI})$ et $(\widehat{H'HI})$ tous deux rectangles en H. On a :

$\tan \hat{i} = \frac{HI}{HS} \Longrightarrow HI = HS.\tan \hat{i}$ et $\tan \hat{r} = \frac{HI}{HH'} \Longrightarrow HI = HH'.\tan \hat{r}$

$HI = HI \Longrightarrow HH'.\tan \hat{r} = HS.\tan \hat{i} \Longrightarrow \mathbf{HH' = \frac{HS.\tan \hat{i}}{\tan \hat{r}}}$.

* Appliquons la 2nd loi de réfraction au point I.

$n \sin \hat{i} = \sin \hat{r} \Longrightarrow \mathbf{\hat{r} = \sin^{-1}(n \sin \hat{i})}$. $\hat{r} = \sin^{-1}(1{,}33 \sin 30°)$

$\mathbf{\hat{r} = 41{,}68°}$.

$HH' = \frac{3{,}2 \times \tan 30°}{\tan 41{,}68} = 2{,}07 \Longrightarrow \mathbf{HH' = h' = 2{,}07\ m}$.

b. Pour un observateur regardant sous une incidence normale (incidence faible).

* Considérons les triangles $(\widehat{SHI})$ et $(\widehat{H'HI})$ tous deux rectangles en H. On a :

$\tan \hat{i} = \frac{HI}{HS} \approx \hat{i}$; $\tan \hat{r} = \frac{HI}{HH'} \approx \hat{r} \Longrightarrow \frac{\hat{i}}{\hat{r}} = \frac{\frac{HI}{HS}}{\frac{HI}{HH'}} = \frac{HH'}{HS} \Longrightarrow \frac{\hat{i}}{\hat{r}} = \frac{HH'}{HS}$ (1)

* Appliquons la 2nd loi de réfraction au point I.

$n \sin \hat{i} = \sin \hat{r} \Leftrightarrow n\hat{i} = \hat{r}$ pour des angles faibles. $\Longrightarrow \frac{\hat{i}}{\hat{r}} = \frac{1}{n}$ (2)

(1)=(2) $\Longrightarrow \frac{HH'}{HS} = \frac{1}{n} \Longrightarrow \mathbf{HH' = \frac{HS}{n}}$.

A.N : $HH' = \frac{3{,}2\ m}{1{,}33} = 2{,}41\ m \Longrightarrow \mathbf{HH' = h' = 2{,}41\ m}$.

Exercice n°3 :

1) Une cuve contient de l'eau dont la surface libre est AB. Sur une verticale OP se trouvent :

– En O, à 1,20 m au – dessus de AB, l'œil d'un observateur ;

– En P, à 0,80 m au dessous de AB, l'œil d'un poisson .

Calcule la distance à laquelle :

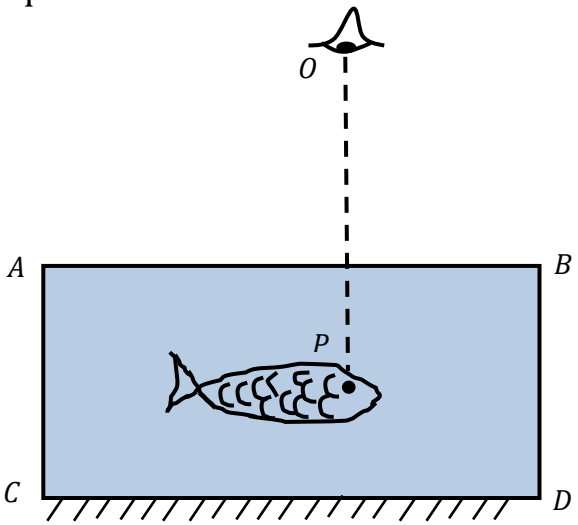
a) L'observateur croît voir le poisson.

b) Le poisson croît voir l'observateur.

2) Le fond de la cuve est un miroir plan horizontal CD. L'épaisseur de la couche d'eau est 1,20 m. l'observateur O se regarde dans le miroir CD.

a) Calcule la distance à laquelle il voit son image.

b) Dans quel sens et de combien se déplace son image lorsqu'on fait écouler toute l'eau de la cuve.

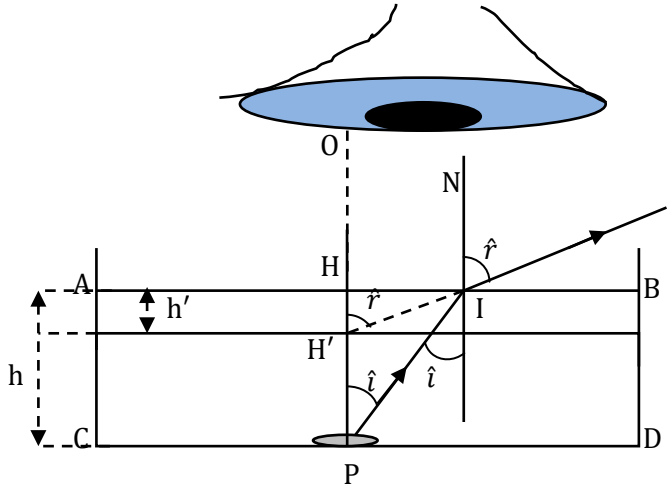


Solution.

Données : OH = 1,20 m; HP = 0,80 m.

1) Calcul de la distance à laquelle :

a) L'observateur croît voir le poisson.



* Considérons les triangles $(\widehat{SHI})$ et $(\widehat{H'HI})$ tous deux rectangles en H. On a :

$$\tan\hat{\imath} = \frac{HI}{HP} \approx \hat{\imath}\ ; \tan\hat{r} = \frac{HI}{HH'} \approx \hat{r} \Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{\frac{HI}{HP}}{\frac{HI}{HH'}} = \frac{HH'}{HP} \Longrightarrow$$

$$\frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{HH'}{HP}\ (1)$$

* Appliquons la 2nd loi de réfraction au point I.

$$n \sin\hat{\imath} = \sin\hat{r} \Leftrightarrow n\hat{\imath} = \hat{r} \text{ pour des angles faibles.} \Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{1}{n}\ (2)$$

$$(1)=(2) \Longrightarrow \frac{HH'}{HP} = \frac{1}{n} \Longrightarrow \mathbf{HH' = \frac{HP}{n}}.$$

$$\text{A.N : } HH' = \frac{0{,}80\ \text{m}}{\frac{4}{3}} = 0{,}60\ \text{m} \Longrightarrow \mathbf{HH' = h' = 0{,}60\ m}.$$

La distance à laquelle l'observateur voit le poisson:

$OH' = OH + HH'$. A.N : $OH' = 1{,}20\ m + 0{,}60\ m = 1{,}80\ m$.

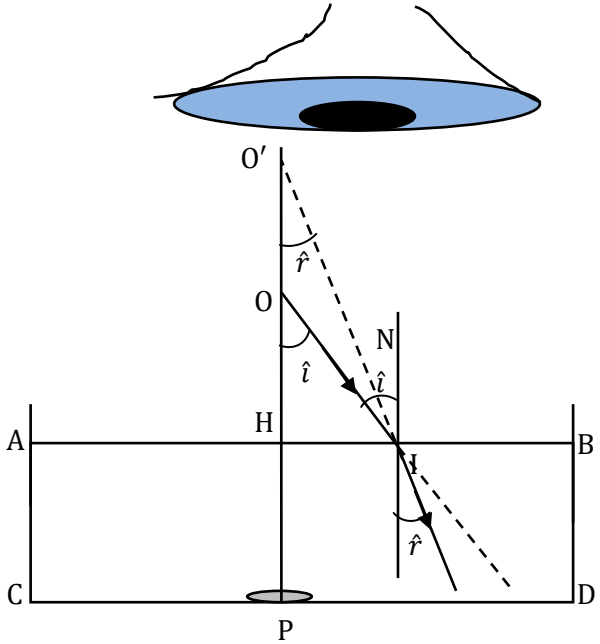
$OH' = 1{,}80\ m$.

Cependant le poisson est à:

$OP = OH + HP$. A.N : $OP = 1{,}20\ m + 0{,}80\ m = 2\ m$.

$OP = 2\ m$.

b) Le poisson croît voir l'observateur.



* Considérons les triangles $(\widehat{OHI})$ et $(\widehat{O'HI})$ tous deux rectangles en H. On a :

$\tan\hat{\imath} = \frac{HI}{HO} \approx \hat{\imath}$; $\tan\hat{r} = \frac{HI}{HO'} \approx \hat{r} \Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{\frac{HI}{HO}}{\frac{HI}{HO'}} = \frac{HO'}{HO} \Longrightarrow$

$\frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{HO'}{HO}$ (1)

* Appliquons la 2nd loi de réfraction au point I.

$\sin\hat{\imath} = n\sin\hat{r} \Leftrightarrow \hat{\imath} = n\hat{r}$ pour des angles faibles. $\Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = n$ (2)

(1)=(2) $\Longrightarrow \frac{HO'}{HO} = n \Longrightarrow$ **$HO' = nHO$**.

A.N : $HO' = 1{,}33 \times 1{,}20\ m = 1{,}596\ m \Longrightarrow$ **$HH' = 1{,}596\ m$**.

La distance à laquelle le poisson voit l'observateur :

$PO' = PH + HO'$. A.N : $PO' = 1{,}20\ m + 1{,}596\ m = 2{,}796\ cm$.

$PO' = 2{,}796\ m$.

Cependant l'observateur est à:

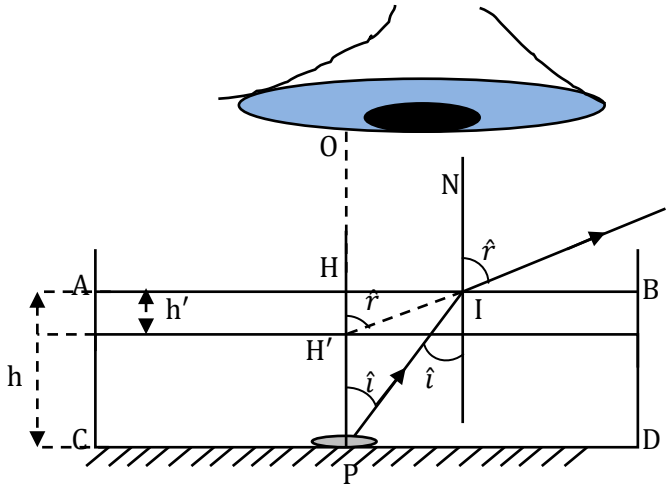
$PO = PH + HO$. A.N : $PO = 1{,}20\ m + 1{,}20\ m = 2{,}40\ m$.

$PO = 2{,}40\ m$.

2) $e = 1{,}20\ m$.

a) Calcul de la distance à laquelle il voit son image.

On calcule d'abord la distance à laquelle l'observateur croit voir le miroir puis, la distance à laquelle il voit son image qui sera donc le double.



* Considérons les triangles $(\widehat{SHI})$ et $(\widehat{H'HI})$ tous deux rectangles en H. On a :

$$\tan\hat{\imath} = \frac{HI}{HP} \approx \hat{\imath}\ ; \tan\hat{r} = \frac{HI}{HH'} \approx \hat{r} \Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{\frac{HI}{HP}}{\frac{HI}{HH'}} = \frac{HH'}{HP} \Longrightarrow$$

$$\frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{HH'}{HP}\ (1)$$

* Appliquons la 2nd loi de réfraction au point I.

$n \sin\hat{\imath} = \sin\hat{r} \Leftrightarrow n\hat{\imath} = \hat{r}$ pour des angles faibles. $\Longrightarrow \frac{\hat{\imath}}{\hat{r}} = \frac{1}{n}\ (2)$

$(1)=(2) \Longrightarrow \frac{HH'}{HP} = \frac{1}{n} \Longrightarrow \mathbf{HH' = \frac{HP}{n}}$. Avec: HP = e

A.N : $HH' = \frac{1{,}20\ m}{\frac{4}{3}} = 0{,}90\ m \Longrightarrow \mathbf{HH' = h' = 0{,}90\ m}$.

La distance à laquelle l'observateur voit le miroir :

$\mathbf{OH' = OH + HH'}$. A.N : OH′ = 1,20 m + 0,90 m = 2,10 m.

$\mathbf{OH' = 2{,}10\ m}$.

Pour l'observateur, le miroir est à 2,10 m de lui.

Cependant, le miroir est à:

$\mathbf{OP = OH + HP}$. A.N : OP = 1,20 m + 1,20 m = 2,40 m.

$\mathbf{OP = 2{,}40\ m}$.

D'où la distance à laquelle il voit son image est: $\mathbf{d = 2OH'}$.
A. N: d = 2 × 2,10 m = 4,20 m $\Longrightarrow \mathbf{d = 4{,}20\ m}$.

b) Le sens suivant lequel se déplace l'image.

* Lorsqu'on fait écouler toute l'eau de la cuve, l'image se déplace en s'éloignant du miroir (vers le bas).

* La distance dont se déplace l'image.

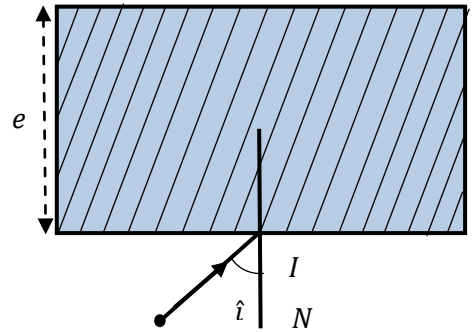
Lorsqu'on fait écouler toute l'eau, c'est comme si on le déplacement du miroir parallèlement à lui – même de 2,40 m − 2,10 m = 0,30 m = 30 cm. D'où le miroir se déplace de d = 2 × 30 cm = 60 cm $\Longrightarrow \mathbf{d = 60\ cm}$.

Exercice n°4 : On considère une lame de verre à faces parallèles de 3 cm d'épaisseur et d'indice de réfraction absolu n = 1,52.

1) Trace la marche du rayon lumineux à travers la lame à faces parallèles. Les milieux externes étant identiques.
2) Calcule les angles de réfraction en I, d'incidence et d'émergence en I'

3) Calcule le déplacement latéral d que subit le rayon lumineux. (on ne demande pas de démontrer la formule donnant d).

On donne : $\hat{\imath} = 30°$.

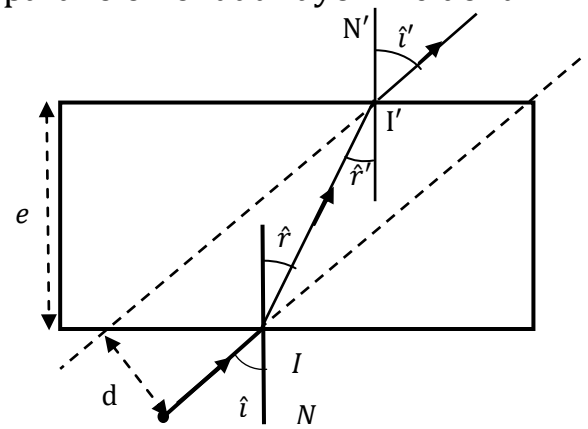


Solution.

Données : e = 3 cm ; n = 1,52 ; $\hat{\imath} = 30°$.

1) Traçage de la marche du rayon lumineux à travers la lame à faces parallèles.

Les milieux externes étant identiques, le rayon lumineux émerge parallèlement au rayon incident.



2) Calcul des angles de réfraction en I, d'incidence et d'émergence en I'

* Angle de réfraction (r̂) en I.

2nd loi de la réfraction au point I.

$\sin \hat{\imath} = n \sin \hat{r} \Longrightarrow \sin \hat{r} = \frac{\sin \hat{\imath}}{n} \Longrightarrow \mathbf{\hat{r} = \sin^{-1}(\frac{\sin \hat{\imath}}{n})}$.

A.N : $\hat{r} = \sin^{-1}(\frac{\sin 30°}{1,52}) = 19,2 \Longrightarrow \mathbf{\hat{r} = 19,2°}$.

* Angle d'incidence (r̂′) au point I'.

Les normales N et N' sont parallèles et le rayon II' coupe les deux normales alors $\hat{r} = \hat{r}' \Longrightarrow \mathbf{\hat{r}' = 19,2°}$.

* Angle d'émergence (î′) au point I'.

2nd loi de la réfraction au point I.

$\sin \hat{\imath}' = n \sin \hat{r}' \Longrightarrow \mathbf{\hat{\imath} = \sin^{-1}(n \sin \hat{r}')} \Longrightarrow$

A.N : $\hat{\imath}' = \sin^{-1}(1,52 \times \sin 19,2°) = 29,9° \cong 30° \Longrightarrow \mathbf{\hat{\imath}' = 30°}$.

3) Calcul du déplacement latéral d que subit le rayon lumineux.

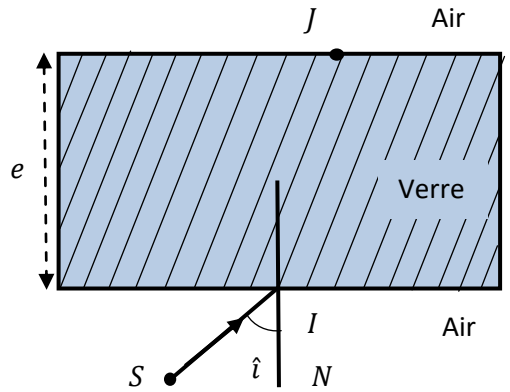
$\mathbf{d = e(1 - \frac{1}{n})}$. A.N : d = 3 cm. $\left(1 - \frac{1}{1,52}\right) = 1,026 \cong 1,03 \Longrightarrow$

$\mathbf{d = 1,03\ cm}$.

Exercice n°5 : Un rayon lumineux SI arrive sur une lame à faces parallèles au point I et émerge de cette lame suivant le rayon JT.

1) Montre que le rayon émergent JT est parallèle au rayon incident SI.
2) Exprime IJ en fonction de e (épaisseur de la lame) et de l'angle de réfraction $\hat{r}$ à la première face du dioptre en I.
3) Exprime la translation d du rayon lumineux en fonction de IJ, $\hat{\imath}$ et $\hat{r}$.
4) En déduire la valeur de cette translation.

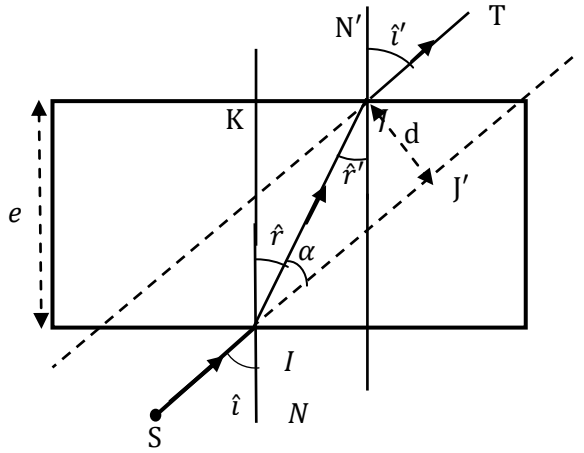
On donne : $\hat{\imath} = 37°; e = 75\ \mu m; 1\ \mu m = 10^{-6} m$; n = 1,5.



Solution.

Données : $\hat{\imath} = 37°; e = 75\ \mu m; 1\ \mu m = 10^{-6} m$; n = 1,5.

1) Montrons que le rayon émergent JT est parallèle au rayon incident SI.



Il faut que l'angle d'émergence $\hat{\imath}'$ soit égal à l'angle d'incidence $\hat{\imath}$.

* Angle de réfraction ($\hat{r}$) en I.

2nd loi de la réfraction au point I.

$\sin\hat{\imath} = n\sin\hat{r} \Longrightarrow \sin\hat{r} = \frac{\sin\hat{\imath}}{n} \Longrightarrow \mathbf{\hat{r} = \sin^{-1}(\frac{\sin\hat{\imath}}{n})}$.

A.N : $\hat{r} = \sin^{-1}(\frac{\sin 37°}{1,5}) = 23,65 \Longrightarrow \mathbf{\hat{r} = 23,65°}$.

* Angle d'incidence ($\hat{r}'$) au point I'.

Les normales N et N' sont parallèles et le rayon IJ' coupe les deux normales alors : $\hat{r} = \hat{r}' \Longrightarrow \mathbf{\hat{r}' = 23,65°}$.

* Angle d'émergence ($\hat{\imath}'$) au point I'.

2nd loi de la réfraction au point J.

$\sin\hat{\imath}' = n\sin\hat{r}' \Longrightarrow \mathbf{\hat{\imath} = \sin^{-1}(n\sin\hat{r}')} \Longrightarrow$

A.N : $\hat{\imath}' = \sin^{-1}(1,5 \times \sin 23,65°) = 36,9° \cong 37° \Longrightarrow \mathbf{\hat{\imath}' = 37°}$.

Conclusion:

Le rayon émergent JT est parallèle au rayon incident SI.

2) Exprimons IJ en fonction de e (épaisseur de la lame) et de l'angle de réfraction $\hat{r}$ à la première face du dioptre en I.

Considérons le triangle ($\widehat{SKJ}$) rectangle en K, on a :

$\cos \hat{r} = \frac{KI}{IJ}$ avec $KI = e \Longrightarrow \cos \hat{r} = \frac{e}{IJ} \Longrightarrow \mathbf{IJ = \frac{e}{\cos \hat{r}}}$. (1)

3) Exprimons la translation d du rayon lumineux en fonction de IJ, $\hat{\imath}$ et $\hat{r}$.

Considérons le triangle ($\widehat{IJJ'}$) rectangle en J', on a :

$\sin \alpha = \frac{JJ'}{IJ} \Longrightarrow IJ = \frac{JJ'}{\sin \alpha}$ avec : $JJ' = d \Longrightarrow IJ = \frac{d}{\sin \alpha} \Longrightarrow$

$d = IJ.\sin \alpha$ avec : $\alpha = \hat{\imath} - \hat{r} \Longrightarrow$ $\mathbf{d = IJ.\sin(\hat{\imath} - \hat{r})}$. (2)

4) Déduisons la valeur de cette translation.

(1)=(2) $\Longrightarrow$ $\mathbf{d = \frac{e}{\cos \hat{r}}.\sin(\hat{\imath} - \hat{r})}$.

A.N : $d = \frac{75\ \mu m}{\cos 23{,}65} \times \sin(37 - 23{,}65) = 18{,}9\ \mu m \Longrightarrow$

$\mathbf{d = 18{,}9\ \mu m}$.